Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 4, Winter. 2021, p. 465-475

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۴۷۵-۴۶۵

مقاله پژوهشی

ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های جدید کینوا در کشت بهاره در منطقه کرج

محمود باقری[1*]، زینب عنافجه[2]، ساسان کشاورز[3]، بیژن فولادی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۷

چکیده

کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* Willd. بومی مناطق آند قاره آمریکا می‌باشد. ژنوتیپ‌های مختلف کینوا تنوع بالایی از نقطه نظر صفات مختلفی چون حساسیت به طول روز، موارد مصرف، اندازه و رنگ بذر، میزان مواد تغذیه‌ای و ضدتغذیه‌ی دانه، تحمل به تنش‌های زیستی و غیرزیستی دارا هستند. با توجه به اهداف توسعه‌ای کینوا در کشور، نیاز به ژنوتیپ‌های جدید بسیار ملموس می‌باشد. در این پروژه سیزده ژنوتیپ جدید کینوا شامل ژنوتیپ‌های Amiralla Marangani, Amiralla ,EQ101, EQ102, EQ103, EQ104, EQ105, EQ106, Atlas Sacaca, Blanka Dejunine, Kancolla, Salsada Inia, Rosada De Huncaya در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و به مدت دو سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ EQ101، بالاترین عملکرد دانه و ارتفاع بوته، بیشترین درصد پروتئین دانه و کمترین میزان ساپونین را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ‌های EQ103 زودرس‌ترین و ارقام Marangani، Kancolla، Rosada و Salsada دیررس‌ترین ارقام بودند. از طرفی ژنوتیپ EQ105 بالاترین درصد روغن دانه را داشت. ژنوتیپ Marangani نیز ضخیم‌ترین ساقه را در بین تمامی ژنوتیپ‌ها دارا بود. در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه سازگار با کشت بهاره در منطقه کرج هستند.

واژه‌های کلیدی: ساپونین، عملکرد دانه، کشت بهاره

مقدمه

با توجه به تغییرات اقلیمی به‌وجود آمده در دنیا و مخصوصاً در ایران، نیاز به تغییرات جدی در الگوی کشت و همچنین تولید پایدار محصولات مختلف کشاورزی کاملاً محسوس می‌باشد. خشکی و کم‌آبی از یک سو و گسترش زمین‌های شور از طرفی دیگر، نیاز به معرفی گیاهان جدیدی را که در عین رشد و تولید مناسب در شرایط نامناسب، بهره اقتصادی مناسب و قابل قبولی برای کشاورزان را داشته باشند بیش از پیش ضروری ساخته است. در این خصوص نیاز به مطالعه و بررسی گیاهان بومی فراموش شده و همچنین گیاهان جدید دارای پتانسیل بالقوه وجود دارد. یک گزینه پیشنهادی مناسب، گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) با خصوصیات تغذیه‌ای بسیار مناسب و ایده‌آل، متحمل یا مقاوم به طیف وسیعی از تنش‌های غیرزیستی و قیمت جهانی مناسب برای تولیدکنندگان می‌باشد و تحقیقات بر روی این گیاه از سال ۱۳۸۸ در ایران و در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر آغاز شد. سطح زیرکشت جهانی کینوا حدوداً ۲۰۰ هزار هکتار و متوسط عملکرد جهانی آن نیز تقریباً یک تن در هکتار می‌باشد. پرو، بولیوی و اکوادور اصلی‌ترین تولیدکنندگان کینوا می‌باشند و هم‌اکنون این محصول در بیش از ۱۰۰ کشور دنیا کشت می‌شود و بسیاری از کشورهای دنیا سرمایه‌گذاری‌های علمی پژوهشی چشمگیری در رابطه با این محصول داشته‌اند و تحقیق و توسعه کینوا در دنیا از حدود یک دهه گذشته رشد چشمگیری را تجربه کرد (FAO, 2017). این گیاه سازگار به شرایط صحرایی و آب و هوای گرم و خشک با محدوده دمایی ۴- تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد است، همچنین متحمل به طیف گسترده‌ای از شرایط اسیدی خاک (pH=۶-۸/۵)، در شرایط خاک‌های ضعیف با شوری متوسط و سطح اشباع کم است. طول دوره زندگی این گیاه بسته به رقم و اقلیم بین ۱۰۰ تا ۲۴۰ روز است (Bhargava and Sirvastava, 2013). همچنین کینوا دارای ارزش بیولوژیکی بالا (۷۳ درصد)، شبیه گوشت گاو (۷۴ درصد) و بیشتر از برنج سفید (*Oryza sativa* L.) (۵۶ درصد)، گندم (*Triticum aestivum* L.) (۴۹ درصد) و ذرت (*Zea mays* L.) (۳۶درصد) می‌باشد (Bastidas *et al.*, 2016).

۱- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- محقق بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
۳- محقق موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- کارشناس موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: m-bagheri@areeo.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2020.37139.0

با توجه به ارزش بالای قیمت کینوا در بازارهای اروپا و آمریکا، در صورت صادرات موجب کسب درآمد ارزی خواهد شد، همچنین پتانسیل درآمد اقتصادی بالا در چرخه تولید و عرضه شامل تولیدکنندگان (کشاورزان)، صنایع فرآوری و زنجیره فروش و غیره برای این محصول متصور است (Jacobsen *et al.*, 1993).

با این‌که تنش شوری بر روی تمام مراحل رشدی کینوا تأثیرگذار بوده و تغییرات فیزیولوژیک در آن ایجاد می‌کند اما ارقام کینوای متحمل به شوری، می‌توانند در این شرایط زنده بمانند و تولید قابل قبولی داشته باشند. ژنوتیپ‌های اولیه وارد شده به کشور غالباً روزکوتاه بوده و در شرایط خاصی تولید بذر داشتند که مشکلاتی را در تعیین تاریخ کشت و استفاده مناسب از فصل کشت به همراه داشت. خوشبختانه در تحقیقاتی که در ایستگاه‌های مختلف موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در سطح کشور انجام شد، ژنوتیپ‌های بی‌تفاوت به طول روز، در دو شرایط "روزکوتاه کشت تابستانه و پاییزه" و "روزبلند کشت بهاره"، با تولید محصول و عملکرد مناسب مشاهده شد. چنان‌چه در آزمایشی خصوصیات کمی و کیفی شش ژنوتیپ کینوا را در کرج مورد مطالعه قرار گرفته و ژنوتیپ‌های برتر تعیین شدند (Abasi *et al.*, 2019). سه نمونه کینوا نیز به نام‌های Sajama، SantaMaria و Sajama Iranshahr مقایسه شدند که بالاترین عملکرد (۱۲۵۶ کیلوگرم در هکتار) از رقم SantaMaria حاصل شد (Tavoosi and Sepahvand, 2013). در مطالعه دیگری در سال ۱۳۹۳ سه ژنوتیپ کینوا به نام‌های Sajama، SantaMaria و Sajama Iranshahr در اهواز و چهار تاریخ کاشت ۱۰ و ۲۵ مهر و ۱۰ و ۲۵ آبان‌ماه بررسی شد و تاریخ کاشت ۱۰ مهرماه بالاترین عملکرد (۴/۲ تن درهکتار) را در این منطقه تولید کرد (Tavoosi and Sepahvand, 2015). در تحقیقی که سپهوند و پرکاسی نیز در کرج انجام دادند ژنوتیپ SantaMaria با ۲۴۹۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد را داشت (Sepahvand 2015).

در بررسی واکنش ۱۲ ژنوتیپ کینوا در شهرکرد نشان داده شد که ژنوتیپ‌های Q26، Giza1، Q29، RedCarina و Titicaca، به‌ترتیب با عملکرد ۲۵۰۶، ۲۳۰۴، ۲۰۳۱، ۱۸۱۷ و ۱۱۲۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را به خود اختصاص دادند (Molaei, 2017). در تحقیق دیگری ۱۰ ژنوتیپ مختلف کینوا در دو منطقه مشهد و میمه بررسی و بهترین ژنوتیپ‌ها برای هر منطقه مشخص شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، ژنوتیپ‌های Q26 و RedCarina در هر دو منطقه میمه اصفهان و مشهد از نقطه نظر صفت عملکرد در برترین گروه تیماری قرار گرفته و لذا برای کشت بهاره در مناطق سرد و معتدل کشور قابل توصیه دانسته شدند (Bagheri *et al.*, 2019). بیرامی و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند شوری باعث کاهش معنی‌داری در عملکرد و اجزای عملکرد کینوا می‌شود به‌طوری‌که افزایش شوری از ۵ به ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش ۷۷ درصدی عملکرد دانه شد (Beyrami *et al.*, 2020).

از طرفی تنوع بالایی از نقطه نظر صفات کمی و کیفی در ژنوتیپ‌های مختلف کینوا وجود دارد که در این خصوص می‌توان به ژنوتیپ‌های مناسب تولید دانه، ژنوتیپ‌های مناسب تولید علوفه، ژنوتیپ‌های متنوع از نقطه نظر صفاتی چون رنگ و اندازه دانه، میزان ساپونین (میزان تلخی)، تحمل به تنش‌های زیستی و غیرزیستی، حساسیت به طول روز، زمان رسیدگی و غیره اشاره کرد و از این جنبه قابل تقسیم‌بندی هستند (Rojas *et al*,. 2003). هر کدام از این ژنوتیپ‌ها می‌توانند مناسب کشت برای اهداف خاص و در مناطق خاصی از کشور باشند.

خوشبختانه ژنوتیپ‌های جدیدی از کینوا در دسترس قرار گرفته‌اند که تاکنون مطالعه‌ای بر روی آن‌ها در داخل کشور صورت نگرفته بود. لذا هدف از انجام این پژوهش بررسی مقدماتی خصوصیات کمی و کیفی این ژنوتیپ‌ها و مطالعه سازگاری آن‌ها با کشت بهاره در منطقه کرج می‌باشد. نتایج این مطالعه زیربنای تصمیم‌گیری مراحل بعدی تحقیق و توسعه بر روی این ژنوتیپ ها را فراهم می‌سازد.

مواد و روش‌ها

در این پروژه که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و به مدت دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انجام شد، سیزده ژنوتیپ جدید کینوا شامل ژنوتیپ‌های EQ101, EQ102, EQ103, EQ104, EQ105, EQ106، Amiralla marangani, Amiralla Sacaca, Blanka Dejunine, Kancolla, Salsada Inia, Rosada De Huncaya, Atlas مورد بررسی قرار گرفتند. باید توجه داشت که اثر ژنوتیپ ثابت و اثر سال تصادفی بوده است. به‌طور کلی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق را می‌توان به دو گروه متوسط رس و دیررس تقسیم کرد. ژنوتیپ Atlas و ژنوتیپ‌های با پیشوند EQ در گروه متوسط رس و مابقی ژنوتیپ‌ها در گروه دیررس قرار می‌گیرند. ژنوتیپ‌های با پیشوند EQ از کشور کانادا، ژنوتیپ Atlas از هلند و مابقی ژنوتیپ‌ها از کشور پرو دریافت شدند. هر کرت آزمایشی شامل سه خط پنج متری بود. فاصله خطوط کشت ۶۰ سانتی‌متر، فواصل کشت روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر، فاصله بین کرت‌های کشت در هر تکرار ۱۸۰ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها (بلوک‌های آزمایشی) دو متر در نظر گرفته شد. عوامل هواشناسی در دوره رشد و نمو محصول در دو سال آزمایش در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۱- پارامترهای هواشناسی ماهیانه در طول فصل رشد کینوا

Table 1- The monthly meteorological parameters during the growth season of quinoa

ماه (Month)	دمای حداقل Tmin (°C)		دمای حداکثر Tmax (°C)		سرعت باد Wind (km.h^{-1}) speed		رطوبت نسبی Relative humidity (%)		تشعشع خورشیدی Solar radiation (h)		بارندگی Precipitation (mm)	
	سال اول year1	سال دوم year1	سال اول year1	سال دوم year1	سال اول year1	سال دوم year1	سال اول year1	سال دوم year1	سال اول year1	سال دوم year1	سال اول year1	سال دوم year1
اردیبهشت Apr.-May.	9.76	10.5	23.98	23.25	8.35	11	54.84	45.82	240.2	302.6	37.63	12.45
خرداد May.-June.	16.65	17.2	33.65	33.78	9.68	10.84	45	35.64	309.4	356.8	40.06	2.82
تیر June.-July.	20.57	19.4	39.37	38.12	7.06	10.32	23.28	31.7	378.5	351.8	0	0
مرداد July.-Aug.	21.21	21.17	37.46	38.71	7.41	8.5	30.03	33.05	352.7	320.5	0	0

آماده‌سازی زمین در فروردین و کشت بذور در نیمه دوم اردیبهشت انجام شد. تهیه بستر کاشت شامل شخم، کودپاشی، دیسک و ایجاد جوی و پشته بود. کشت به‌صورت ردیفی (جوی و پشته) انجام شد، بدین صورت که وسط پشته با فوکا شیار داده، بذور به‌صورت دستی کشت شدند و بر روی بذور مخلوطی از ماسه بادی، کود دامی الک شده و خاک نرم ریخته شد و عمق کاشت حدود ۲-۱ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کود ازته به میزان ۱۵۰ کیلوگرم ازت در هکتار در سه مرحله کاشت، ۲۰-۱۵ سانتی‌متری بوته‌ها و شروع گلدهی، کود مونوفسفات پتاسیم به میزان ۵ کیلوگرم در هکتار به‌صورت تزریق با سیستم آبیاری، یک ماه پس از کشت و محلول‌پاشی کود کامل ماکرو میکرو و کود سولوپتاس به میزان ۳ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب در مراحل ظهور گل‌آذین و پرشدن دانه استفاده شد. اولین آبیاری درست پس از کشت بذور انجام شد. آبیاری دوم به فاصله سه روز پس از کشت و آبیاری‌های بعدی به‌طور متوسط هفته‌ای یکبار انجام شد. علف‌کش سوپرگالانت جهت مبارزه با علف‌های هرز باریک برگ در مرحله بحرانی علف‌های هرز، یعنی ۴۰ روز پس از کاشت استفاده شد و کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ نیز با وجین دستی صورت گرفت. در این آزمایش صفات روز تا جوانه‌زنی، روز تا گرده‌افشانی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع گیاه، طول گل‌آذین، قطر ساقه، عملکرد دانه، وزن هزاردانه، میزان ساپونین دانه، درصد روغن و درصد پروتئین دانه بررسی و ثبت شدند. در پایان تجزیه واریانس و مقایسات میانگین داده‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD=%5) و با کمک نرم‌افزار SAS انجام شد. برای بررسی میزان ساپونین، نمونه‌های بذر با استفاده از پروتکل توصیف شده توسط Koziol (۱۹۹۱) آزمایش شدند. بدین صورت که ۵ گرم بذر خشک شده به لوله تست به طول ۱۶۰ میلی‌متر و قطر ۱۶ میلی‌متر منتقل و ۵ میلی‌لیتر آب اضافه شد. لوله‌ها به مدت ۳۰ ثانیه به شدت تکان داده شدند (۴ ضربه در ثانیه). کف حاصل به مدت ۱۰ ثانیه حل شد، سپس یک لرزه نهایی به آن داده شد و ارتفاع کف از بالای آب اندازه‌گیری شد. میزان ساپونین به‌ازای هر گرم وزن دانه تازه با استفاده از رابطه (۱) برآورد شد (Koziol, 1991).

Saponin (mg)/Fresh weight= (0.423)*foam height (cm) + 0.008/Sample weight (g) (۱)

نتایج و بحث

نتایج تجزیه و تحلیل صفات اندازه‌گیری شده مشخص نمود که کلیه صفات به‌جز روز تا جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر ژنوتیپ قرار گرفتند (جدول ۲). اما صفات ارتفاع بوته، طول گل‌آذین، قطر ساقه، درصد روغن و روز تا رسیدگی از اثر متقابل ژنوتیپ در سال تاثیر نپذیرفتند. اثر سال نیز برای عملکرد دانه، روز تا گرده‌افشانی، میزان ساپونین و درصد روغن معنی‌دار شد. آزمون بارتلت نشان داد که صفات مورد بررسی در دو سال تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند لذا تجزیه مرکب انجام شد و از آنجا که هدف بررسی ژنوتیپ‌های برتر بوده، میانگین دو سال مورد تجزیه قرار گرفت.

نتایج این آزمایش در مورد اکثر صفات بررسی شده با نتایج تحقیقات مطالعه صفات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های مختلف کینوا در مناطق مشهد، اصفهان، ایرانشهر و شهرکرد مطابقت دارد (Bagheri *et al.*, 2019; Miri, 2017; Molaei, 2016). با توجه باید در نظر داشت که منشاء متفاوت (از کشورهای پرو، کانادا و هلند) و خصوصیات مورفولوژیکی متفاوت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این آزمایش باعث وجود تفاوت معنی‌دار در صفات مختلف شد. با توجه به معنی‌دار شدن اثر ژنوتیپ برای صفات مورد مطالعه، مقایسات میانگین صفات در سطح یک درصد برای صفات مورد مطالعه انجام پذیرفت که نتایج مربوطه در جدول ۳ آورده شده است.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ژنوتیپ‌ها از نظر ارتفاع بوته به سه گروه قابل تفکیک می‌باشند. چنان که ژنوتیپ EQ101 و EQ106 به‌ترتیب با ارتفاع بوته ۱۸۵/۶۷ و ۱۸۴/۳۳ سانتی‌متر و قرار گرفتن در گروه تیماری a بالاترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند و ژنوتیپ‌های EQ103، EQ102، EQ105 و EQ104 به‌ترتیب با میانگین ارتفاع بوته ۱۶۹/۶۷، ۱۶۴/۶۷، ۱۶۳/۸۳ و ۱۵۸/۶۷ سانتی‌متر در رتبه‌های بعدی از نظر این صفت قرار گرفتند. جالب است که تمامی این ژنوتیپ‌ها با پیشوند EQ و با منشاء کشور کانادا می‌باشند. رقم Atlas که منشاء هلندی دارد با متوسط ارتفاع بوته ۱۵۷/۳۳ در رتبه بعدی قرار گرفته و تمامی ژنوتیپ‌های با منشاء کشور پرو با ارتفاع بوته پایین در رتبه‌های پایین این صفت قرار گرفتند. در این بین رقم Salsada با میانگین ارتفاع بوته ۱۰۶/۹۴ سانتی‌متر و قرار گرفتن در گروه تیماری g پایین‌ترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۳). ارتفاع بالای بوته اگر همراه با عملکرد دانه مناسب نباشد، صفت مطلوبی نخواهد بود تراکم بوته در واحد سطح برگ بر میزان جذب نور توسط پوشش گیاهی اثر گذاشته و در صورتی‌که پوشش مزرعه بتواند حداکثر نور ورودی را جذب کند، عملکرد افزایش خواهد یافت (Sarjamei *et al.*, 2014)، در غیر این صورت حجم و وزن بالای گل‌آذین و ساقه نسبتاً ضعیف کینوا، احتمال ورس را افزایش می‌دهد، در این صورت اگر هدف تولید علوفه باشد ارتفاع بیشتر بوته قطعاً امتیاز به شمار می‌آید. در مطالعه‌ای که در ترکیه روی ژنوتیپ‌های مختلف کینوا انجام شد ارتفاع بوته بین ۳۵ تا ۹۳ سانتی‌متر بدست آمد، و رقم Q11 بیشترین ارتفاع بوته را داشت (Naneli *et al.*, 2017). در مطالعات دیگر نیز ارتفاع بوته تحت تاثیر مکان و شرایط محیطی بود (Hirich *et al.*, 2014)

ارقام Kancolla، Blanka، Rosada و Marangani از لحاظ طول گل‌آذین در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش به‌ترتیب با متوسط طول گل‌آذین ۶۳/۱۶، ۶۲/۲۲، ۶۱/۳۱ و ۶۰/۸۱ سانتی‌متر، بالاترین طول گل‌آذین را به خود اختصاص دادند، در حالی‌که رقم Atlas با میانگین طول گل‌آذین ۴۲/۵۰ سانتی‌متر و قرار گرفتن در گروه تیماری f کمترین طول گل‌آذین را به خود اختصاص داد (جدول ۳). در مطالعه‌ای نانلی و همکاران (Naneli *et al.*, 2017) اظهار داشتند که استفاده از ژنوتیپ‌های با گل‌آذین بلند در مطالعات اصلاح نژاد مهم خواهد بود. زیرا بین ژنوتیپ‌ها از نظر طول گل‌آذین بین مکان‌ها، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود داشت، همچنین طول گل‌آذین و عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی‌داری با هم داشتند.

از نظر قطر ساقه، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این آزمایش دارای اختلاف معنی‌دار (در سطح یک درصد) بودند. این در حالی است که مطالعات قبلی بر روی ژنوتیپ‌های دیگر کینوا خلاف این موضوع را نشان داده بود و در آن مطالعات ژنوتیپ‌های مختلف کینوا از نظر صفت قطر ساقه تفاوت معنی‌داری نشان نداده بودند (Bagheri *et al.*, 2019; Miri, 2017; Molaei, 2017). در هر صورت تنوع موجود در منشاء ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این آزمایش و تفاوت‌های ژنتیکی موجود و اثر احتمالی عوامل محیطی می‌تواند عامل این تناقض باشد. رقم Marangani با میانگین قطر ساقه ۱۴/۳۶ میلی‌متر بالاترین قطر ساقه را به خود اختصاص داد. و ژنوتیپ‌های EQ104، EQ106 و Atlas با متوسط قطر ساقه ۱۰/۷۷ میلی‌متر حائز حداقل قطر ساقه بودند (جدول ۳). بوته کینوا در فصول پرباران و همچنین مصارف بالای کود ازته به ورس حساسیت دارد، لذا ژنوتیپ‌های با قطر ساقه بیشتر، در مقایسه با ارقام با ارتفاع بلند مقاومت بیشتری به ورس خواهند داشت. بالم و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند افزایش ارتفاع گیاه بر اثر افزایش تراکم در واحد سطح با تجمع بیشتر ماده خشک در واحد سطح همراه است، ولی این امر به کاهش قطر ساقه منجر شده و شرایط لازم برای بروز ورس در گیاهان را فراهم می‌آورد. در تحقیقی با بررسی سازگاری ارقام گیاه کینوا نشان داده شد که رقم sagima بیشترین قطر ساقه (۳/۵۰ سانتی‌متر) و رقم Q29 کمترین قطر ساقه (۲/۱۱ سانتی‌متر) را دارا بودند (Shirin nejad *et al.*, 2019). در مطالعه دیگری کمترین قطر ساقه در ژنوتیپ QP2 مشاهده شد (Sifti *et al.*, 2016). مهم‌ترین صفت مرتبط با عملکرد، یعنی وزن هزار دانه نیز در بین ژنوتیپ‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بود. در این صفت ژنوتیپ‌های Sacaca، EQ103 و EQ102 به‌ترتیب با مقدار عددی ۲/۷، ۲/۶۸ و ۲/۶۸ گرم در گروه برتر و رقم Marangani با میانگین وزن هزاردانه ۱/۱۶ گرم در پایین‌ترین گروه تیماری قرار گرفت. متوسط وزن هزاردانه در کینوا حدود ۲ تا ۶ گرم و در ژنوتیپ‌های زراعی معمول در کشور، بین ۲ تا ۳ گرم می‌باشد. ولیکن همان‌طور که ذکر شد، برخورد مرحله پرشدن دانه با دمای بالای مردادماه، منجر به ریز شدن دانه‌ها و کاهش وزن هزاردانه شد (جدول ۳). اما به‌طور کلی رابطه مثبت و معناداری بین عملکرد دانه و وزن هزاردانه وجود داشت (Bhargava *et al.*, 2007; Mignon and Bertero, 2007)، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌هایی که دارای وزن هزار دانه بیشتری بودند از عملکرد دانه‌ی بالاتری نیز برخوردار بودند. در مطالعه‌ای که در مصر بر روی کینوا انجام شد وزن هزاردانه ژنوتیپ‌های کینوا را بین ۳/۵ تا ۴/۷ به‌دست آمد (Abdelazim Sayed, 2018). در مطالعه دیگری نیز این صفت بین ارقام و سال‌های مختلف متفاوت بود. به‌طوری‌که کمترین وزن هزاردانه مربوط به ژنوتیپ Puno با ۱/۳ گرم و بیشترین وزن هزاردانه متعلق به ژنوتیپ Zeno با ۳/۳ گرم بود (Parger *et al.*, 2018).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده ژنوتیپ‌های کینوا
Table 2- Analysis of variance of the measured traits of quinoa genotypes

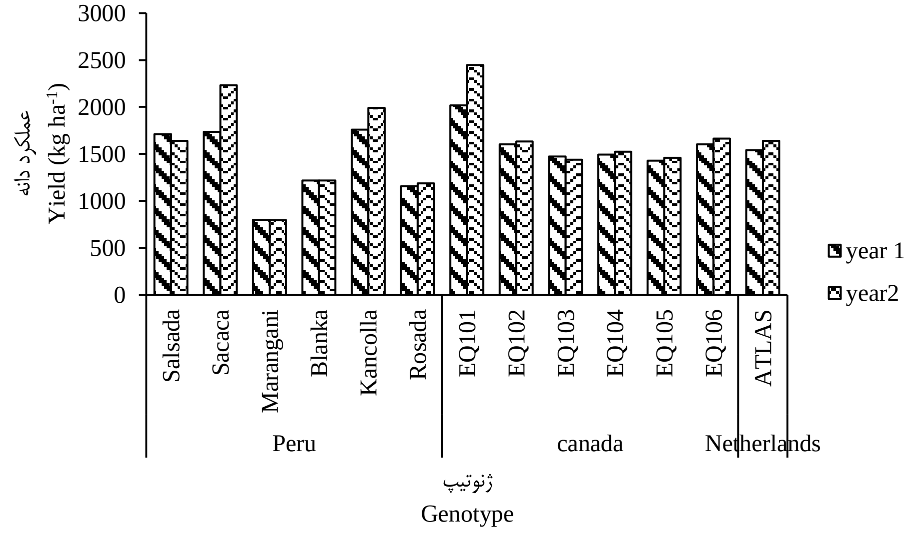
منابع تغییر Variation source	درجه آزادی d.f	مقدار F										
		ارتفاع بوته Plant height	طول گل‌آذین Inflorescence length	قطر ساقه Shoot diameter	وزن هزاردانه 1000-weight	درصد روغن %Oil	درصد پروتئین %Protein	میزان ساپونین Amount of saponin	عملکرد Yield	روز تا جوانه‌زنی Days to germination	روز تا گرده‌افشانی Days to Pollination	روز تا رسیدن فیزیولوژیک Days to physiological maturity
سال Year	1	86.20 ns	33.35 ns	3.62ns	0.09 ns	0.72*	0.33 ns	3.08**	212370.5*	11.54 ns	4.63*	2.17 ns
اشتباه ۱ Error 1	4	31.36	16.71	0.53	0.06	0.08	0.12	0.06	9633.47	2.38	0.18	0.67
ژنوتیپ Genotype	12	4724.08**	175.92**	7.47**	0.69**	5.25**	6.36**	13.23**	809693.41**	1.17 ns	327.01*	620.96**
ژنوتیپ*سال Genotype* Year	12	0.73 ns	0.54 ns	0.20 ns	0.02*	0.08 ns	0.11*	0.22*	45876.07**	1.20*	0.54*	0.39 ns
اشتباه ۲ Error 2	48	9.88	7.59	0.86	0.01	0.04	0.05	0.10	17037.04	0.58	0.25	0.27
ضریب تغییرات CV(٪)	-	2.2	4.7	7.7	4.6	5.4	1.4	9.7	8.4	22.0	0.7	0.3

**، * و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱/۰ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌دار بودن می‌باشد.
**, *, and ns indicate significant at 1% probability level, 5% probability and non-significance level, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین دو ساله صفات مورد اندازه‌گیری ژنوتیپ‌های کینوا
Table 3- Comparison of the mean traits measured of quinoa genotypes

ژنوتیپ Genotype	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول گل‌آذین Inflorescence length (cm)	قطر ساقه Shoot diameter (mm)	وزن هزاردانه 1000-weight (gr)	درصد روغن %Oil	درصد پروتئین %Protein	میزان ساپونین Amount of saponin (mg.g^{-1})	عملکرد Yield (kg.ha^{-1})	روز تا جوانه‌زنی Days to germination	روز تا گرده‌افشانی Days to Pollination	روز تا رسیدن فیزیولوژیک Days to physiological maturity
سالسادا Salsada	106.94	59.15	12.39	2.48	2.95	16.67	5.25	1676.11	4	71.67	152
ساکاکا Sacaca	119.94	58.08	12.29	2.77	2.94	16.85	4.95	1984.44	3.67	75.17	150
مارانگانی Marangani	117.76	60.81	14.36	1.64	2.41	15.57	4.11	796.78	3.33	71.67	152
بلانکا Blanka	124.94	62.22	11.13	1.97	3.70	15.66	5.00	1231.78	3.67	75.67	149
کانکولا Kancolla	118.43	63.16	13.43	2.29	2.71	17.69	4.56	1874.44	3.33	74.67	152
روزادا Rosada	119.80	61.31	11.20	2.32	4.68	17.71	3.91	1178.22	4	73	152
ای‌کیو ۱۰۱ EQ101	185.67	52.50	12.27	2.60	4.49	18.17	0.48	2231.48	3	59.83	132
ای‌کیو ۱۰۲ EQ102	163.83	58.83	12.43	2.72	3.61	16.63	3.00	1617.74	3	61	130
ای‌کیو ۱۰۳ EQ103	169.67	57.17	11.43	2.73	2.97	15.03	2.35	1456.59	4	59	130
ای‌کیو ۱۰۴ EQ104	158.67	59.50	10.77	2.16	2.72	15.42	1.79	1508.74	3	60	135
ای‌کیو ۱۰۵ EQ105	164.67	59.50	12.77	2.02	5.16	15.46	2.60	1444.11	4	61	132
ای‌کیو ۱۰۶ EQ106	184.33	59.50	10.77	2.13	4.72	16.40	1.67	1633.63	3	58	129.83
اطلس Atlas	157.33	42.50	10.77	2.18	4.40	15.60	3.03	1590.52	3	58.83	134
LSD=%5	3.47	2.93	1.01	0.15	0.28	0.30	0.47	183.74	1.15	0.70	0.66

ارزیابی عملکرد دانه که بی‌شک مهم‌ترین صفت مورد بررسی می‌باشد نشان داد، ژنوتیپ EQ101 با متوسط عملکرد ۲۲۳۱/۴۸ کیلوگرم در هکتار و قرار گرفتن در گروه تیماری a بالاترین عملکرد را به خود اختصاص داد. در صورتی‌که رقم Marangani با متوسط عملکرد ۷۹۶/۷۸ کیلوگرم در هکتار در پایین‌ترین سطح آماری قرار گرفت (شکل ۱). با توجه به تجارب قبلی در مورد فصل کشت، تاریخ کشت و منطقه کشت، پیش‌بینی عملکرد بالاتر از این اعداد بود. ولیکن برخورد مرحله گرده‌افشانی و پرشدن دانه به دمای بسیاری بالای تیر و مرداد، علاوه بر کاهش تعداد دانه تشکیل شده، موجب کاهش وزن هزاردانه نیز شد و در نهایت با کاهش اجزای عملکرد، عملکرد کل دانه کاهش پیدا کرد. استیک و همکاران (Stikic *et al.*, 2012) نیز دلیل کاهش عملکرد کینوا در آزمایش خود را به بارندگی کم و درجه حرارت بالا در طول مرحله حساس یعنی از گلدهی تا پر شدن دانه نسبت دادند. محققین دیگر نشان دادند که ژنوتیپ Sajama با میانگین عملکرد بذر ۹۲۹/۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد بذر را داشت و ژنوتیپ Santamaria با میانگین بذر ۸۲۴/۵ و Sajama-Iranshahr با ۷۳۰/۳ کیلوگرم در هکتار در رده‌های بعدی قرار گرفتند (Sepahvand and Parcasi, 2015). در مطالعه‌ای دیگر نیز در بررسی سازگاری ژنوتیپ‌های کینوا دریافتی از FAO، تفاوت معنی‌داری بین عملکرد این ژنوتیپ‌ها مشاهده شد، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های Q29، Q12، Q26، Q31، Q18، Q21، Q107، Giza1، Titicaca، Q22 و Red Carina، به‌ترتیب با عملکرد ۳۹۶۱، ۳۸۰۳، ۳۷۹۹، ۳۳۵۰، ۳۲۷۸، ۳۱۵۸، ۳۰۹۲، ۲۴۳۱، ۲۳۶۴ و ۲۱۸۹ کیلوگرم در هکتار در گروه‌های تیماری مختلف قرار گرفتند (Miri, 2017). همچنین در پژوهشی کینوا در چهار ایستگاه مختلف ایران از نظر سازگاری بررسی و اختلاف معنی‌دار عملکرد آن در نقاط مختلف ایران گزارش شد، چنانچه میانگین عملکرد دانه در ایستگاه‌های اهواز، کرج و ایرانشهر به‌ترتیب ۱۱۶۲، ۱۰۸۱ و ۸۲۳ کیلوگرم در هکتار بود (Sepahvand, 2014). پارگر و همکاران (Parger *et al.*, 2018) بالاترین میزان عملکرد دانه را در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کینوا در ژنوتیپ Zeno با ۲۴۳۰ کیلوگرم مشاهده کردند. که با مطالعات ما مبنی بر وجود اختلاف معنی‌دار در عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف مطابقت داشت چنانچه در این آزمایش اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه کینوا را با توجه به ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشاهده کردیم. ژنوتیپ EQ101 بیشترین عملکرد دانه و ژنوتیپ Marangani کمترین میزان علکرد دانه را دارا بودند.



شکل ۱- عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با منشأ متفاوت

Figure 1- Grain yield of studied genotypes of different origin

بین ژنوتیپ‌های مختلف کینوا از نظر میزان ساپونین تنوع زیادی وجود دارد. محتوای ساپونین در بذر ژنوتیپ‌های مختلف کینوا بین ۰/۰۲ تا ۵ درصد (۰/۲ تا ۵۰ میلی‌گرم در گرم وزن تازه) می‌باشد. ارقام با ساپونین بیش از ۱۰ میلی‌گرم در گرم، ارقام تلخ محسوب می‌شوند که ارقام زراعی کینوا موجود در کشور غالباً جزو این گروه نیستند. ارقام با ساپونین بین ۱ تا ۱۰ میلی‌گرم در گرم ارقام نیمه‌شیرین محسوب می‌شوند و ارقام با ساپونین کمتر از ۱ میلی‌گرم در گرم ارقام شیرین به شمار می‌آیند (Koziol, 1992; Solíz-Guerrero *et al.*, 2002; Stuardo and Martin, 2008; Martinez *et al.*, 2009). ارقام تلخ و غالب ارقام نیمه‌شیرین جهت مصرف نیاز به ساپونین‌زدائی دارند در حالی‌که ارقام شیرین مستقیماً قابل مصرف می‌باشند. ساپونین‌زدائی معمولاً به روش‌های خشک

(پوست‌گیری)، تر (شستشو) و یا ترکیبی (پوست‌گیری و شستشو) انجام می‌گیرد.

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، میزان ساپونین در ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در این تحقیق به‌طور متوسط بین ۰/۴۸ تا ۵/۲۵ میلی‌گرم در گرم می‌باشد. ژنوتیپ EQ101 با میزان ساپونین ۰/۴۸ میلی‌گرم در گرم (۰/۰۴ درصد)، حداقل میزان ساپونین را دارا بوده و در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این تحقیق، تنها ژنوتیپی است که در گروه ارقام کینوا شیرین قرار دارد. که با مطالعات El Hazzam و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت دارد.

مرور اجمالی جدول ۳ نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های با منشاء کانادایی مقادیر پایین‌تری از ساپونین را در مقایسه با ارقام پروی دارند. ارقام پروی Salsada، Blanka و Sacaca به‌ترتیب با میزان ساپونین ۵/۲۵، ۵/۰۰ و ۴/۹۵ میلی‌گرم در گرم و قرار گرفتن درگروه تیماری a بالاترین میزان ساپونین را به خود اختصاص داده‌اند. علی‌رغم مزیت ظاهری ارقام شیرین، متاسفانه این ارقام غذای مناسبی برای پرندگان بوده و معمولاً مزارع ارقام کینوا شیرین با مشکل هجوم پرندگان و تلفات بالا مواجه هستند (Graf *et al.*, 2015). مضاف به این‌که معمولاً وجود ساپونین در گیاهان سطح مقاومت یا تحمل به آفات و بیماری‌ها را بالاتر می‌برد و لذا وجود ساپونین علی‌رغم ایجاد تلخی دارای مزیت می‌باشد. به‌طوری‌که ژنوتیپ جسی در مطالعه Prager و همکاران (Parger *et al.*, 2018) به‌دلیل شیرین بودن مقاومت کمی در برابر هجوم حشرات و آفات داشت. در بررسی محتوای ساپونین ژنوتیپ‌های کینوا در ایتالیا نشان داده شد که این میزان بین ۰/۱ تا ۱/۸ درصد متغیر بود و ژنوتیپ Q12 کمترین مقدار را دارا بود و این ژنوتیپ به‌عنوان ژنوتیپ شیرین برای استفاده در برنامه‌های بهبود ژنتیکی بعدی انتخاب شد (Santis *et al.*, 2016). در مطالعه مروری که آنگلی و همکاران (Angeli *et al.*, 2020) بر روی خصوصیات ژنوتیپ‌های مختلف کینوا در مکان‌های متفاوت انجام دادند میزان ساپونین را تا ۶/۱ میلی‌گرم در گرم وزن خشک گزارش کردند. به‌طوری‌که ژنوتیپ جسی (با صفر میلی‌گرم در گرم) شیرین‌ترین (Prager *et al.*, 2018) و ژنوتیپ Q52 با ۶/۱ میلی‌گرم در گرم تلخ‌ترین ژنوتیپ بود (Ahumada *et al.*, 2016).

تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های کینوا برای صفت درصد پروتئین، اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد را نشان داد (جدول ۲). جدول مقایسات میانگین نمایانگر آن است که درصد پروتئین در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بین ۱۸/۱۷-۱۵/۰۳ درصد متغیر می‌باشد. تحقیقات پیشین اعداد متفاوتی برای میزان پروتئین در دانه کینوا بیان کرده‌اند که در مجموع بین ۱۰ تا ۲۳ درصد متغیر بوده است (Bhargava and Sirvastava, 2013; Singh *et al*, 2016; FAO, 2017). ژنوتیپ EQ101 با ۱۸/۱۷ درصد پروتئین و قرار گرفتن در گروه تیماری برتر بالاترین میزان پروتئین دانه را به خود اختصاص داده است. ژنوتیپ‌های Rosada و Kancolla نیز به‌ترتیب با ۱۷/۶۹ و ۱۷/۷۱ درصد پروتئین دانه در رتبه بعدی از نظر این صفت قرار دارند. کمترین میزان پروتئین نیز مربوط به ژنوتیپ EQ103 با ۱۵/۰۳ درصد می‌باشد که منجر به قرار گرفتن این ژنوتیپ در پایین‌ترین گروه تیماری شده است (جدول ۳). درصد بالای پروتئین موجود در دانه‌های کینوا، عاری بودن این دانه‌ها از گلوتن و شامل بودن تمامی اسیدهای آمینه ضروری، یکی از اصلی‌ترین دلایل برای ارزش غذایی بسیار بالا در این ماده غذایی است. میزان پروتئین نمونه‌ها تفاوت زیادی نداشتند و در حدود ۱۲/۴درصد بود. در مطالعه مروری Angeli و همکاران (Angeli *et al.*, 2020) میزان پروتئین ژنوتیپ‌های کینوا در مکان‌های مختلف از ۱۱ تا ۱۸ درصد متغیر بود. چنانچه رقم Cahuil در شیلی دارای کمترین (Miranda *et al.*, 2012) و رقم Salsedo نیز در شیلی واجد بیشترین میزان پروتئین بودند (Reguera *et al.*, 2018).

درصد روغن در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بین ۵/۱۶-۲/۴۱ متغیر می‌باشد (جدول ۳). ژنوتیپ‌های EQ105 و Marangani به‌ترتیب با ۵/۱۶ و ۲/۴۱ درصد بالاترین و کمترین درصد روغن را بین سیزده ژنوتیپ مورد مطالعه به خود اختصاص داده‌اند. مطابق بررسی‌های پیشین، میزان روغن در دانه‌های کینوا بین ۲ تا ۹ درصد می‌باشد (Koziol, 1993) که این مطالعه نیز موید این مطلب بود. در مطالعه‌ای بیشترین میزان روغن را در ژنوتیپ Q52 در ایتالیا با ۷/۸ درصد (Pulvento *et al.*, 2010) و کمترین مقدار در ژنوتیپ ساجما در پرو با ۴/۱ درصد روغن گزارش شد (FAO, 2007).

ویژگی تعداد روز تا گرده‌افشانی در کینوا صفت بسیار مهمی می‌باشد و نقش انکارناپذیری در تعیین تاریخ کشت کینوا دارد. تاریخ کشت ارقام مختلف کینوا باید به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که حتی‌الامکان دوره گرده‌افشانی مصادف با متوسط دمای شبانه‌روزی بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد. در این محدوده دما بالاترین درصد تشکیل دانه را شاهد خواهیم بود. ژنوتیپ‌های Blanka، Sacaca و Kancolla با متوسط ۷۵/۳۳، ۷۵ و ۷۴/۶۷ روز واجد بالاترین تعداد روز تا گرده‌افشانی شدند و به کلامی دیگر ارقام دیرگل‌ده می‌باشند، لذا ضروری است که نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها تاریخ کشت زودتری داشته باشند. از سوئی دیگر، ژنوتیپ EQ106 با متوسط ۵۸ روز تا گل‌دهی زودگل‌ده‌ترین ژنوتیپ بود (جدول ۳). محققین زیادی تاثیر شرایط محیطی را بر زمان گرده‌افشانی گزارش دادند (Bois *et al.*, 2006; Curti *et al.*, 2016). همچنین در تحقیقی در ترکیه گرده‌افشانی ژنوتیپ‌های مختلف کینوا در محدوده زمانی ۷۶ تا ۹۱ روز انجام شد (Naneli *et al.*, 2017).

تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک تعیین‌کننده زودرسی، متوسطرسی و دیررسی ارقام می‌باشد. اهمیت این صفت به‌خصوص از

دو جنبه بسیار حیاتی و قابل بحث می‌باشد. ژنوتیپ‌های زودرس تعداد دور آبیاری‌های کمتری را نیاز دارند و لذا صرفه‌جویی در مصرف آب، به‌خصوص در مناطق کم‌آب را به دنبال دارند. از طرفی دیگر، در کشت بهاره کینوا، اگر به دنبال کشت دوم بعد از برداشت کینوا باشیم، این امکان در ارقام زودرس‌تر قابل حصول‌تر است. مخصوصاً که با تغییر تاریخ کشت بهاره کینوا از اردیبهشت و خرداد به اسفند و فروردین در مناطق معتدل کشور، امکان کشت دوم مخصوصاً با ارقام زودرس کاملاً محتمل خواهد بود. از نقطه نظر این صفت، ارقام Marangani، Kancolla، Rosada و Salsada با میانگین ۱۵۲ روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک، دیررس‌ترین ارقام می‌باشد. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، دیگر ارقام با منشاء پرو این تحقیق، وضعیت نسبتاً مشابهی با این رقم داشته و دیررس می‌باشند. نتیجه این‌که علاوه بر دقت در تاریخ کشت زود بهاره این ارقام، امکان کشت این ژنوتیپ‌ها به‌عنوان کشت دوم در مناطق سرد و معتدل سرد ممکن نمی‌باشد و برداشت مصادف با بارش‌های آبان و آذر خواهد بود. از سویی دیگر ژنوتیپ EQ106 در فاصله ۱۲۹/۸۳ روز از زمان کشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی، زودرس‌ترین ژنوتیپ این تحقیق بوده و همراه با سایر ژنوتیپ‌های با منشاء کانادایی در حدود ۴ ماه و اندی قابلیت کشت تا برداشت دارند. یادآوری می‌شود که با توجه به اثر متقابل تاریخ کشت و دوره رسیدگی، پیش‌بینی می‌شود که در کشت تابستانه این ژنوتیپ‌ها در مناطق معتدل و یا کشت پاییزه آن‌ها در مناطق گرمسیری کشور مثل خوزستان، جیرفت، هرمزگان و ایرانشهر، تعداد روز تا رسیدگی اعداد کمتری از کشت بهاره باشد (جدول ۳). در تحقیقی در گرگان نشان داده شد که ژنوتیپ QP3 بیشترین زمان تا رسیدگی فیزیولوژیک را طی نمود (Sifti *et al.*, 2016).

نتیجه‌گیری

مطالعه انجام شده نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تمامی صفات مورد مطالعه دارای تنوع و اختلاف معنی‌دار بودند و نتایج حاصل برای میزان درصد پروتئین، روغن و ساپونین منطبق با تحقیقات پیشین در داخل و خارج از کشور می‌باشد. تمامی ژنوتیپ‌های کینوای مورد مطالعه در این تحقیق با کشت بهاره در منطقه کرج سازگاری داشتند. کشت در نیمه دوم اردیبهشت‌ماه منجر به برخورد مرحله گرده‌افشانی و پرشدن دانه با دمای بالای تیر و مرداد شده و با کاهش اجزای عملکرد شامل تعداد دانه تشکیل شده و وزن هزاردانه موجب کاهش عملکرد شد. مضاف به این‌که رسیدگی دانه‌های کینوا در فصول مرداد و شهریور، به دلیل نبود غذای کافی برای پرندگان در این مقطع زمانی، خسارت هجوم پرندگان را در پی دارد. پیشنهاد می‌شود که بررسی‌های تکمیلی بر روی سازگاری این ژنوتیپ‌ها برای کشت تابستانه در منطقه کرج و بر روی تاریخ مناسب کشت برای هر ژنوتیپ انجام پذیرد. همچنین تحقیقات بیشتر بر روی این ژنوتیپ‌ها در مناطق مختلف کشور و فصول مختلف کشت صورت گیرد و نیز پیشنهاد می‌شود تا تحقیقات بر روی تعداد بیشتری از ژنوتیپ‌ها، در مناطق مختلف و در فصول کشت و تاریخ‌های کشت مختلف انجام و ژنوتیپ‌های سازگار با شرایط، مناطق و فصول کشت انتخاب و در هر فصل کشت بهترین تاریخ کشت برای هر ژنوتیپ مشخص شود.

References

1. Abasi, S., Cordnaeich, A., and Bagheri, M. 2019. Evaluation of genetic diversity of new chenopodium quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivars based on agromorphological traits. 15th National Congress of Agronomy and Plant Breeding, September 2019, Karaj, Iran.
2. Abdelazim Sayed, A. A. 2018. Chemical and technological evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivated in Egypt. Journal of Acta Scientific Nutritional Health 2 (7): 42-53.
3. Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D., and Benítez, R. 2016. Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): UN subproducto con alto potencial biologico. Rev. Colomb. Cienc. Journal of Quimico Farm 45: 438-469.
4. Bagheri, M., Zamani, M. R., Shouride, H., Molaei, A. R., Mansourian, A. R., and Heydari, F. 2019. Evaluation of compatibility of quinoa Genotypes in Mashhad and Isfahan. Final Research Project Report, Agricultural Research and Information Center, Registration No. 53795 (in Persian with English abstract).
5. Balem, Z., Modolo, A. J., Trezzi, M. M., Vargas, T. O., Baesso, M. B., Brandelero, E. M., and Trogello, E. 2014. Conventional and twin-row spacing in different population densities for maize (*Zea mays* L.). African Journal of Agriculture Research 23: 1787-1792.
6. Bastidas, E. G., Roura, R., Rizzolo, D. A. D., Massanes, T., and Gomis, R. 2016. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), from nutritional value to potential heaith benefits: an integrative review. Journal of Nutrition and Food Science 6 (3): 104-114.
7. Beyrami, H., Rahimian, M. H., Salehi, M., and Yazdani-Biouki, R. 2020. Effect of different levels of irrigation water salinity on quinoa (*Chenopodium quinoa*) yield and yield components in spring planting. Journal of Crop Production 12 (4): 111-120.
8. Bhargava, A., and Srivastava, S. 2013. Quinoa Botany, Production and Uses. CABI.

9. Bhargava, A., Shukla, S., and Ohri, D. 2007. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Field Crops Research 101: 104-116
10. Bois, J. F., Winkel, T., Lhomme, J. P., Raffaillac, J. P., and Rocheteau, A. 2006. The response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to temperature effects on germination, phenology, growth, and freezing. Eurean Journal of Agronomy 25: 299-308.
11. Curti, R. N., Vega, A. J., Andrade, A. J., Bramardi, S. J., and Bertero, H. D. 2016. Adaptive responses of quinoa to diverse agro-ecological environments along with an altitudinal gradient in North West Argentina. Journal of Field Crops Research 189: 10-18.
12. El Hazzam, Kh., Hafsa, J., Sobeh, M., Mhada, M., Taourirte, M., EL Kacimi, K., and Yasri, A. 2020. An insight into saponins from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): A Review. Journal of Molecules 25 (5): 1059.
13. FAO. 2017. Faostat. Available at: http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E.
14. FAO/INFOODS Databases "Food Composition Database for Biodiversity Version 4.0–BioFoodComp4.0. 2007. Available online: http://www.fao.org/3/a-i7364e.pdf.
15. Graf, B. L., Rojas-Silva, P., Rojo, L. E., Delatorre-Herrera, J., Baldeon, M. E., Raskin, I. 2015. Innovations in healthvalue and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 14: 431-445.
16. Hirich, A., Choukr-Allah, R., and Jacobsen, S. E. 2014. Quinoa in Morocco- Effect of sowing dates on development and yield. Journal of Agronomy and Crop Science 1-7.
17. Jacobsen, S., and Stolen, O. 1993. Quinoa - Morfology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. Eurean Journal of Agronomy 2 (1): 19-29.
18. Koziol, M. J. 1991. Afrosimetric estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Journal of Science Food Agriculture 54: 211-219.
19. Koziol, M. J. 1993. Quinoa: a potential new oil crop. New crops. Wiley, New York. Latinreco. 1990. Quinua. Hacia su cultivo comercial. Latinreco S.A. Quito, Ecuador.
20. Martinez, E. A., Veas, E., Jorquera, C., San Martin, R., and Jara, P. 2009. Re-introduction of quinoa into arid Chile: cultivation of two lowland races under extremely low irrigation. Journal of Agriculture Crop Science 195: 1-10.
21. Mignone, C. M., and Bertero, H. D. 2007. Identificación del período crítico de determinación del rendimiento en quínoas de nivel del mar. Proceedings of the Congreso Internacional de la Quinua, 23-26 October; Iquique.
22. Miranda, M., Vega-Gálvez, A., Martínez, E., López, J., Rodríguez, M. J., Henríquez, K., and Fuentes, F. 2012. Genetic diversity and comparison of physicochemical and nutritional characteristics of six quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes cultivated in Chile. Journal of Food Science Technology 32: 835-843.
23. Miri, Kh. 2017. Evaluation of compatibility of quinoa genotypes to Iranshahr region. Final report of the research project. Baluchestan Agriculture and Natural Resources Research and Training Center (IRANSHAHR). Agricultural Research and Extension Research Organization. (in Persian with English abstract).
24. Molaei, A. 2016. Evaluation of adaptation and response of some quinoa cultivars to day length in Shahrekord. Final report of the research project. Chaharmahal & Bakhtiari Province Agricultural and Natural Resources Research and Training Center. Agricultural Research and Extension Research Organization. (in Persian with English abstract).
25. Naneli, I., and Dokuyucu, T. 2017. Response of the quinoa genotypes to different locations by grain yield and yield components. International Journal of Agriculture Innovations and Research 6 (3): 446-451.
26. Prager, A., Munz, S., Nkebiwe, P. M., Mastand, B., and Graeff-Honninger, S. 2018. Yield and quality characteristics of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars grown under field conditions in southwestern Germany. Agronomy Journal 8 (10): 1-19.
27. Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A. D., Andria, R., Iafelice, G., and Marconi, E. 2010. Field trial evaluation of two Chenopodium quinoa genotypes grown under rain-fed conditions in a typical mediterranean environment in south Italy. Journal of Agronomy and Crop Science 196: 407-411.
28. Reguera, M., Conesa, C. M., Gil-Gomez, A., Haros, C. M., Perez-Casas, M. A., Briones-Labarca, L., Bolanos, L., Bonilla, I., Alvarez, R., Pinto, K., Mujica, A., and Bascunan-Godoy, L. 2018. The impact of different agroecological conditions on the nutritional composition of quinoa seeds. Peer Journal, e4442.
29. Rojas, W., Barriga, P., and Figueroa, H. 2003. Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm. Journal of Food Reveiws International 9: 167-177.
30. Santis, G., Maddaluno, C., Ambrosio, T., Rascio, A., Rinaldi, M., and Troisi, J. 2016. Characterisation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) accessions for the saponin content in Mediterranean environment. Italian Journal of Agronomy 11 (774): 277-281.
31. Sarjamei, F., Khorasani, S., and Nezhad, N. 2014. Effect of planting methods and plant density, on morphological, phenological, yield and yield component of baby corn. Journal of Advance in Agriculture and Biology 2 (1): 20-25.

32. Sepahvand, N. A. 2013. Evaluation of compatibility, agronomic, phenological characteristics and qualitative value of quinoa crop in Iran. Final Research Project Report, Agricultural Research and Information Center, Registration No. 44026.
33. Sepahvand, N. A., and Prcasi, A. 2015. Study of adaptation and agronomic characteristics of quinoa in Iranshahr. 13th Iranian Conference on Agronomy and Plant Breeding Sciences and Third Iranian Seed Science and Technology Conference. (in Persian with English abstract).
34. Shirinnezhad, R., Torabi, M., and Mahmoudi, F. 2019. Evaluation of compatibility of quinoa cultivars in different planting dates and their effects on morphological, physiological and biochemical parameters. Second international and sixth national conference vs. Conventional Agriculture 1-7. (in Persian with English abstract).
35. Sifti, E., Ramezanpour, S., Soltanloo, H., Salehi, M., and Sepahvand, N. A. 2016. Investigation of some morphophenological traits related to yield and early maturity in cultivars Modified quinoa (*Chenopodium quinoa*). Journal of Crop Production 8 (2): 153-169. (in Persian).
36. Singh, S., Singh, R., and Singh, K.V. 2016. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), functional superfood for today's world: A Review. Journal of World Scientisic News 58: 84-96.
37. Soliz-Guerrero, J. B., Rodriguez, D. J., Rodriguez-Garcia, R., Mendez-Padilla, G., and Angulo-Sanchez, J. L. 2002. Quinoa saponins: concentration and composition analysis. Intrnational Journal of Janick and A. Whipkey (eds.), Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA p. 110-114.
38. Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, B., Jovanovic, Z., Milojkovic-Opsenica, D., Jacobsen, S. E., Milovanovic, M. 2012. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. Journal of Cereal Science 55: 132-138.
39. Stuardo, M., and San Martin, R. 2008. Antifungal properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) alkali treated saponins against Botrytis cinerea. Industrial Crops and Products. Journal of Crop Product 27: 296-302.
40. Tavoosi, M., and Sepahvand, N. A. 2013. Effect of planting date on yield and phenological and morphological characteristics of different genotypes of new quinoa in Khuzestan. First International Congress and 13th Iranian Genetic Congress. Shahid Beheshti University. (in Persian with English abstract).
41. Tavoosi, M., and Sepahvand, N. A. 2013. Evaluation of different genotypes of quinoa for yield and other phenological characteristics in khuzestan. 12th Iranian Genetic Congress, Shahid Beheshti University. (in Persian with English abstract).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 4, Winter. 2021, p. 465-475

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۴۷۵-۴۶۵

Evaluation of Quantitative and Qualitative Characteristics of New Quinoa Genotypes in Spring Cultivation at Karaj

M. Bagheri[1*], Z. Anafjeh[2], S. Keshavarz[3], B. Foladi[4]

Received: 19-10-2020
Accepted: 27-12-2020

Introduction

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) is native to the Andean region of South America. Various genotypes of quinoa have a high diversity regarding different traits such as sensitivity to daylength, seed size and color, nutritional and anti - nutritional value of seeds, tolerance to biological and non - nutritional stresses. Considering the development goals of the quinoa, the need for new genotypes is very tangible. Fortunately, new genotypes of quinoa have become available that have not been studied domestically. Therefore, the purpose of this study is to investigate the quantitative and qualitative characteristics of these genotypes and to study their compatibility with spring cultivation in Karaj region. The results of this study provide the basis for deciding the next steps of research and development on these genotypes.

Materials and Methods

In this study, 13 new genotypes of quinoa including Atlas, EQ 101, EQ 102, EQ103, EQ104, EQ105, EQ106, Amiralla Marangani, Amiralla Sacaca, Blanka Dejunine, Kancolla, Salsada Inia and Rosada De Huncaya, have been studied in a randomized complete block design with three replications for two years (2018-2019) at Seed and Plant Improvement Institute, Karaj. Genotypes with the prefix EQ were obtained from Canada, Atlas genotype from the Netherlands and the rest of the genotypes from Peru. Each plot consisted of three rows with 500 cm length and 60 cm × 10 cm of plant density. The distances between replications and planting plots per replication were 180 cm and 200 cm. Data were analyzed using SAS software and means were compared using the least significant difference (LSD) at the 5% level (P = 0.05).

Results and Discussion

The results showed that all traits except days to germination were significantly affected by genotype. However, plant height, inflorescence length, stem diameter, oil percentage and days to maturity did not affect by genotype interaction per year. The effect of year was also significant for grain yield, days to pollination, saponin content and oil percentage. Different origin (from Peru, Canada and the Netherlands) and different morphological characteristics of the studied genotypes caused significant differences in different traits. The EQ101 genotype, showed the highest grain yield and plant height, highest protein content and the lowest amount of saponin. While Marangani genotype with an average yield of 796.78 kg ha^{-1} had the lowest yield. EQ103 was the earliest and Marangani, Kancolla, Rosada and Salsada genotype were the late genotypes, respectively. On the other hand, EQ105 genotype revealed the highest seed oil content. Marangani genotype had the thickest shoot among all genotypes. Canadian Genotypes have lower levels of saponin than Peruvian genotypes. EQ101 with saponin content of 0.48 mg g^{-1} (0.04%) had the lowest saponin content and among the studied genotypes in this study, it is the only genotype that belong to sweet quinoa cultivars.

Conclusions

The studied genotypes demonstrated significant diversity and differences in all studied traits. In some traits, the difference between the two groups of genotypes (Canadian or Peruvian) was quite obvious. In this study all quinoa genotypes were compatible with spring cultivation in Karaj region. Genotypes compatible with spring (long day) cultivation usually do not have a problem with summer and autumn cultivation and will most likely be cultivated in all seasons and regions of the country.

Keywords: Saponin, Seed yield, Spring planting

1- Assistant Professor of Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Karaj, Iran
2- Researcher of Seed and Plant Improvement Department, Research and Education Center of Agricultural and Natural Resources of Khuzestan, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran
3- Researcher of Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Karaj, Iran
4- Expert of Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: m-bagheri@areeo.ac.ir)